Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias

JAVIER NEILA
Madrid (España), octubre de 2000.

Los principios bioclimáticos deben aparecer como un hábito en la construcción y no como una rareza o una excepción. Por eso se debe hablar de buenas prácticas y de buena arquitectura y no de arquitectura singular. Estas buenas prácticas deben tener como objetivo la calidad del ambiente interior y la reducción de los efectos negativos sobre el entorno. Calidad del ambiente interior: condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire, etc. Los efectos de los edificios sobre el entorno serán función de las sustancias que desprendan, del impacto que produzca el asentamiento y de los consumos que afecten al desarrollo sostenible del lugar. Sustancias desprendidas: sólidas (residuos sólidos urbanos), líquidas (aguas sucias) y gaseosas (gases de combustión vinculados fundamentalmente al acondicionamiento). Impacto del asentamiento: Exceso de población, vías de acceso, aparcamientos, destrucción de tejido vegetal, etc. Desarrollo sostenible del lugar: consumo de agua o de otras materias primas por encima de su capacidad de renovación. Estos aspectos anteriores se puede agrupar, por la importancia de sus efectos, en tres grandes grupos:

- Aspectos energéticos (vinculados a los consumos de materias primas y a la contaminación gaseosa).
- Calidad del ambiente interior.
- Contaminación y medio ambiente (vinculados a las sustancias desprendidas, el impacto del asentamiento y el desarrollo sostenible).

1. Aspectos energéticos

La visión del consumo de la energía en los edificios tiene varias vertientes. Su reducción representa un menor coste económico para los usuarios, una menor dependencia de fuentes limitadas, y una reducción de la contaminación vinculada a su producción.

1.1. Conservación de la energía

Una buena generación o captación de energía puede desaprovecharse por completo si el edificio no tiene una alta capacidad de conservación de la energía. A mayor conservación menor necesidad.

- **Aislamiento térmico en cerramientos**. Un cerramiento aislado reduce a una cuarta parte las transferencias de calor que se producen a través de él. El aislamiento, aunque

se ha convertido en una práctica habitual en nuestros edificios, debe avanzar en una mejor selección de los materiales, sus espesores y, fundamentalmente, su colocación. En la actualidad existen materiales aislantes adecuados para aislar por el exterior el cerramiento, para ser inyectados en las cámaras de aire, proyectados sobre superficies horizontales o moldeados para recubrir superficies horizontales. No debe haber, por tanto, ningún elemento no aislado.

- **Eliminación de puentes térmicos**. Casi un veinte por ciento de la energía que pierde un edificio se va a través de los puentes térmicos. Resulta imprescindible, por tanto, poner en práctica medidas constructivas encaminadas a su eliminación o a reducir sus efectos; como:
  - Aislamiento por el exterior.
  - Eliminación de hornacinas.
  - Capialzados y carpinterías compactas.
- **Eliminación del riesgo de condensaciones intersticiales**. Las condensaciones intersticiales representan una pérdida evidente de la capacidad aislante de los materiales sobre los que se producen, que generalmente son los materiales aislantes; por ello es recomendable, para eliminar el riesgo de condensaciones intersticiales emplear materiales aislantes equilibrados, como el poliestireno extruído o el vidrio celular, colocarlos cerca de la cara fría o complementarlos con una barrera de vapor.
  - Aislamiento por el exterior.
  - Aislantes térmicos con barrera de vapor.
  - Aislantes térmicos equilibrados higrotérmicamente.
- **Ventilación higiénica controlada permanente**. En la actualidad más del cincuenta por ciento de los intercambios de energía entre un edificio y su entorno se producen por la renovación de aire. Con las mejoras del aislamiento, este porcentaje se incrementará. Pero dado que la renovación de aire es imprescindible para mantener unas condiciones del ambiente interior adecuadas, se debe proceder a una ventilación higiénica controlada, donde los intercambios correspondan exactamente a las necesidades.
  - Sistemas de ventilación natural controlada a través del tiro natural en los cuartos húmedos.
  - Sistemas de ventilación regulables.
- **Vidrios y carpinterías**. En los cerramientos, los huecos acristalados representan los elementos térmicamente más débiles. Los vidrios aislantes son actualmente utilizados de forma generalizada, y dentro de esta categoría también pueden utilizarse los bajo emisivos, si las condiciones son las adecuadas, o para situación de alta radiación, combinando lunas convencionales con lunas reflectantes o coloreadas. Las carpinterías pueden convertirse en los puentes térmicos de las ventanas si no se cuidan eligiendo aquellas suficientemente aislantes: PVC, aluminio con ruptura de puente térmico, madera o poliuretano. Igualmente, la hermeticidad de la carpintería evitará descontrolar el posible sistema de ventilación controlada; por ello, debe haber un cuidado especial en su selección.

- Vidrios aislantes y bajo emisivos.
- Vidrios coloreados o reflectantes.
- Carpinterías aislantes.
- Carpinterías de alta hermeticidad.

1.2. Captación, acumulación y aprovechamiento de las energías naturales

Los sistemas pasivos y activos de aprovechamiento de las energías renovables se basan en tres principios: la captación de la energía (calor o frío), su acumulación y su correcto aprovechamiento gracias a una adecuada distribución. El edificio en sí mismo, o los dispositivos mecánicos que se añadan, deben cumplir esas funciones.

- **Acumulación de la energía**. Las energías naturales utilizadas en los sistemas bioclimáticos son claramente cíclicas, generando altos picos de energía en momentos puntuales y su ausencia total en otros. El recurso básico para reducir el golpe de energía y permitir su disfrute durante un período prolongado de tiempo es acumulándola según se capta. Un edifico con dispositivos bioclimáticos de captación de energía, sin ningún sistema de acumulación, tiene un funcionamiento interno peor que otro edificio convencional sin ningún tipo de captación. En los sistemas bioclimáticos la acumulación debe hacerse fundamentalmente en los elementos estructurales y constructivos del edificio, optimizando de este modo su empleo.
  - Aislamiento térmico por el exterior.
  - Empleo de materiales con difusividades térmicas altas (alta velocidad de calentamiento), como piedra, metales, cerámica.
  - Empleo de materiales con efusividades altas (alta capacidad del acumulación), como piedra, metales, cerámica.
  - Empleo del agua como acumulador de calor.
- **Orientación**. La orientación de los dispositivos de captación y del edificio en general está vinculada a la energía que se pretende captar. Si se trata de la radiación solar, la orientación más adecuada para su mejor captación durante el invierno y para evitar efectos perjudiciales en el verano, en toda España es la sur. Si la captación es de viento, los dispositivos más eficaces son los orientados a vientos dominantes; pero dado que también es posible un adecuado funcionamiento con otras orientaciones, en una combinación de radiación y ventilación debe predominar la orientación sur.
  - Huecos acristalados a sur.
  - Fachadas largas del edificio a sur.
- **Cubiertas**. Una cubierta plana recibe el cien por cien de las horas de sol de un día. En verano, además, los rayos que inciden sobre ella en los momentos de máxima irradiancia lo hacen de una forma muy perpendicular. Las cubiertas ventiladas o vegetales del tipo ecológico (de escaso espesor, con especies autóctonas, sin mantenimiento y con un

consumo de agua mínimo) eliminan los efectos del sobrecalentamiento sobre la cubierta, por lo que, en climas calurosos y con alta radiación solar, es conveniente añadir al aislamiento de la cubierta alguno de estos sistemas.

    - Ventiladas.
    - Ecológicas.

- **Ventilación natural**. La estrategia fundamental en condiciones de verano es la ventilación. Por ello, la estructura del edificio debe facilitar la ventilación natural. Los elementos básicos serían las ventanas opuestas para permitir la ventilación cruzada. Si se desean sistemas más eficaces, por su capacidad o por su control, se pueden emplear chimeneas solares u otros sistemas que funcionen con el calentamiento solar o con el viento. En resumen:

    - Estructura interior que facilite la ventilación cruzada.
    - Locales grandes en esquina.
    - Chimeneas solares de ventilación.
    - Dispositivos de recalentamiento.

- **Dispositivos pasivos específicos de captación solar**. Al margen de los sistemas de captación directa (ventanas y ventanales), los sistemas de captación de energía pueden optimizarse empleando dispositivos específicos más eficaces, como galerías acristaladas, en las que la distribución del aire se hace creando un óptimo lazo convectivo. El más conocido sería el muro trombe, pero la integración es mayor si se emplean galerías o terrazas, en los que, gracias al acristalamiento, se produce efecto invernadero.

    - Galerías con lazo convectivo.
    - Falsos invernaderos con lazo convectivo.

- **Dispositivos activos específicos de captación solar**. Como complemento energético a los dispositivos pasivos, los sistemas activos de captación de energía pueden aportar una cantidad y un tipo de energía que no se podría obtener en otras circunstancias. Si se trata de obtener agua caliente para la calefacción o para agua doméstica, se deberán utilizar colectores planos. Si se desea obtener directamente electricidad se deberán utilizar paneles fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores. Dado que estos últimos dispositivos se encarecen por la necesidad de las baterías de acumulación, resultan más rentables las instalaciones conectadas a red.

    - Colectores planos de agua caliente.
    - Paneles fotovoltaicos.
    - Aerogeneradores domésticos.

1.3. Equipos de acondicionamiento

Uno de los puntos más significativos de consumo de energía en el edificio es el sistema de acondicionamiento. Ya se trate de calefacción o de refrigeración, el consumo suele ser muy elevado en cualquier circunstancia. Por ello, el empleo de equipos de generación de calor o de

frío con alto rendimiento, dentro de instalaciones adecuadas y dimensionadas correctamente, ahorrará mucha energía.

- **Cálculo de cargas**. Para un diseño correcto del sistema es fundamental proceder a un preciso y correcto cálculo de cargas térmicas. Si la instalación está subdimensionada no cumplirá con su función acondicionadora, pero si está sobredimensionada se incrementarán notablemente los gastos de instalación y de explotación energética, ya que en cualquier equipo al trabajar a potencia parcial se empeora su rendimiento. Los métodos de cálculo de cargas más precisos se basan en las simulaciones energéticas. El empleo de simuladores permitirá obtener una estimación de cargas muy precisa e interactuar con el diseño del edificio y de la instalación.
  - Métodos de simulación.
- **Elección del sistema**. Previamente a proceder a la elección del sistema es necesario analizar la ubicación y el funcionamiento del edificio. Esto permitirá descartar los sistemas menos adecuados (bombas de calor en climas extremadamente fríos) o seleccionar otros adecuados (recuperadores de calor en edificios en zonas térmicamente muy diferenciadas o que movilicen grandes caudales de aire).
  - Análisis de la ubicación del edificio.
  - Análisis del uso del edificio.
  - Análisis del funcionamiento del edificio.
  - Análisis de las necesidades del edificio.
- **Fuentes energéticas adecuadas**. La energía eléctrica, a pesar de la comodidad de uso, debe descartarse por completo para la calefacción, ya que su bajo rendimiento total, entre un veinticinco y un treinta por ciento, sólo la hace apta para su uso en los motores que precisen las enfriadoras o climatizadoras, para las que hay escasas alternativas lógicas. La otra aplicación alternativa de la electricidad está en los generadores de calor por efectos termodinámicos, como las bombas de calor. Los sólidos, concretamente los carbones, deben igualmente descartarse por la alta contaminación que generan. Son en general sustancias que no queman completamente, produciendo volátiles contaminantes, y que producen gran cantidad de sulfatos, lo que termina por convertirse en lluvia ácida. Los líquidos están reducidos al gasóleo de calefacción, que es menos contaminante, por lo que se convierte en más adecuado, aunque tiene el problema del almacenamiento. Finalmente los gaseosos, de los que el más habitual es el gas natural. Es en parte menos contaminante que el gasóleo C (genera menos monóxido de carbono) pero también más productor de óxidos de nitrógeno. Resulta el más cómodo, al estar canalizado.
  - La electricidad para las enfriadores y climatizadoras.
  - La electricidad en las bombas de calor.
  - El gasóleo C.
  - El gas natural.

- **Equipos de calefacción**. Los equipos más habituales para la calefacción son las calderas. De entre ellas las óptimas son la de baja temperatura y las de condensación. Las primeras, porque en ellas las pérdidas son menores al trabajar en un rango inferior al de las convencionales. Las segundas porque aprovechan parte de la energía que se pierde con los humos y con el vapor de agua de la combustión. Pueden tener un rendimiento que supere el cien por cien del poder calorífico inferior del combustible. Las bombas de calor, si las temperaturas del ambiente exterior no son muy bajas, permiten obtener rendimientos (COP) de más de cuatro, lo que quiere decir que producen 4 kWh térmicos consumiendo 1 kWh eléctrico. Eso las convierte en el aparato de calefacción más interesante, con los costes de explotación energética más bajos, aunque con importantes gastos de implantación.Los sistemas de recuperación del calor residual que se pierde en el edificio, si la cantidad de energía es importante, son rentables. El caso máximo se encuentra en los sistemas de cogeneración eléctrica, que pueden aprovechar grandes cantidades de calor residual para la calefacción o la preparación del agua caliente sanitaria.

    - Calderas de baja temperatura.
    - Calderas de condensación.
    - Bombas de calor.
    - Recuperadores de calor.
    - Cogeneración.

- **Equipos de refrigeración**. Resulta muy difícil emplear energías renovables en la refrigeración. No obstante es sencillo emplear la recuperación de calor para producir frío mediante equipos de trigeneración energética.Otras alternativas interesantes son los sistemas evaporativos. En aquellas zonas que no sean particularmente húmedas, y si no se necesitan grandes precisiones en las condiciones del aire tratado, los sistemas evaporativos pueden ser altamente eficaces, ya que consumen agua, y la poca energía que necesitan los ventiladores para mover el aire.

    - Recuperadores de calor con sistemas de trigeneración.
    - Sistemas evaporativos.

1.4. Otros equipos y sistemas energéticos de alta eficacia

Una parte de la energía que consume el edificio se pierde por la ineficacia de los sistemas de generación, consumo o distribución de la misma.

- **Alumbrado**. La mejora de lámparas y luminarias puede ahorrar mucha energía, si se emplean lámparas de bajo consumo o luminarias de alta eficacia. Un correcto proyecto de alumbrado dará lugar a la mejora definitiva.

    - Lámparas de bajo consumo.
    - Luminarias de alta eficacia.

- **Electrodomésticos de cocina**. La mejora de los electrodomésticos puede ahorrar mucha energía. En la actualidad el electrodoméstico más consumidor es el frigorífico; los de alto aislamiento pueden reducir las pérdidas en los momentos en los que se encuentre cerrado. Los lavavajillas, las lavadoras y las secadoras tienen su mayor gasto en el empleo indiscriminado, independientemente de la carga, y en el empleo de energía eléctrica. Los actuales aparatos de gas (agua caliente calentada con gas) optimizan el uso de la energía. Entre las cocinas eléctricas, las vitrocerámicas de inducción emplean energía únicamente cuando se cierra un circuito entre la cocina y la olla o sartén; de este modo el uso de la energía está igualmente optimizada.

    - Frigoríficos del alto aislamiento.
    - Lavavajillas, lavadoras y secadoras con detección de carga.
    - Lavavajillas de bajo consumo energético (con agua caliente a gas).
    - Lavadoras de bajo consumo energético (con agua caliente a gas).
    - Cocinas vitrocerámicas de inducción.

1.5. Sistemas de regulación y control integrados

Cada vez resulta más importante la incorporación de la domótica en el control integral de los sistemas de acondicionamiento y consumidores de energía en general. De este modo se optimizará el empleo de una estrategia pasiva de acondicionamiento o un dispositivo de iluminación natural.

- **Sistemas de acondicionamiento**. Los sistemas pasivos de acondicionamiento, combinados con equipos convencionales, serán eficaces si un sistema de regulación y control acciona los sistemas convencionales sólo en los momentos en los que sean necesarios. Un sistema de diferenciación zonal resulta imprescindible, ya que las energías renovables, sol o viento, pueden actuar muy sectorialmente, y ser preciso el sistema convencional en un área de la casa y suficiente el sistema pasivo en otra. Los sistemas automáticos también pueden mejorar el rendimiento de los sistemas pasivos en sí mismos. Un temporizador puede elevar o bajar una persiana según la hora del día, o hacerlo en función de un sensor de radiación solar. La apertura de un hueco de ventilación o el accionamiento de un ventilador puede estar en función del análisis de las condiciones de aire exterior en relación a las condiciones interiores.
- **Sistemas de alumbrado**. Un fotómetro puede indicarnos cuándo deben elevarse las ventanas y cuándo debe encenderse el alumbrado artificial. Éste, a su vez, puede regular su potencia en función de las necesidades.
- **Sistemas integrados**. Los sistemas domóticos integrarán todos estos funcionamientos y optimizarán el consumo energético global.

2. Calidad del ambiente interior

El ambiente en el que se vive debe reunir condiciones adecuadas de calidad sensitiva y, tal vez, salubridad no sensitiva.

2.1. Ambientes interiores higrotérmicamente sanos y confortables

La calidad del ambiente interior tiene que ver con la calidad del aire, sus condiciones higrotérmicas y su correcta distribución. La arquitectura bioclimática debe preocuparse, tanto del ambiente exterior y el posible daño sobre el medio ambiente, como del el ambiente interior y el daño sobre los ocupantes.

- **Empleo de materiales de acabado sanos**. Los materiales interiores no deben desprender ninguna sustancia o cuerpo molesto o perjudicial para la salud. Las resinas sintéticas con formaldehídos emiten regularmente sustancias perjudiciales. Las moquetas y los acabados textiles pueden ser la base de colonias de ácaros. Los disolventes sintéticos en general emiten sustancias perjudiciales.
- **Temperatura, movimiento del aire y humedad interior adecuados**. Los ambientes interiores deben tener unas condiciones higrotérmicas adecuadas para el uso del local, las características del mismo y las personas que lo ocupen. No se pueden aplicar condiciones estándar para todos los locales ni actividades, ni reducir la adecuación interior al control de la temperatura. La confortabilidad de un local es el resultado de una amplia combinación de factores.
- **Sistema de distribución de energía adecuado**. No sólo es necesario que se cumplan unos ciertos parámetros térmicos, también es preciso que la energía se distribuya siguiendo unos patrones que den lugar a un gradiente térmico óptimo, a la eliminación de la asimetría radiante excesiva y a un ritmo de variación de temperatura discreta. Los sistemas de convección, sobre todo el aire acondicionado, pueden crear un gradiente térmico poco adecuado, a diferencia del suelo radiante que casi reproduce el perfil perfecto. Las paredes excesivamente calurosas o frías, como por ejemplo un techo radiante o con un número elevado de lámparas halógenas, o un gran ventanal, crean asimetría radiante con otros paramentos, creando inconfortabilidad. Los sistemas de encendido–apagado todo–nada, cuando se mueven en un rango amplio, provocan igualmente inconfortabilidad, al crear un ritmo de variación de temperatura excesivo.
    - Suelos radiantes.
    - Sistemas de regulación modular.

2.2. Ambientes interiores saludables en términos de radiaciones eléctricas, electromagnéticas y de sustancias extrañas

Los campos eléctricos o electromagnéticos, ya sean naturales o artificiales, pueden ser causas de molestias o enfermedades. Debe eliminarse el riesgo creando espacios protegidos.

- **Campos eléctricos**. Es saludable mantener un campo eléctrico próximo al natural en el interior de los edificios; por ello, deben evitarse las estructuras que conviertan las construcciones en jaulas de Faraday. Un muro de hormigón como cerramiento vertical, unido a los mallazos que ya existirán en los forjados, convierte al edificio en una jaula de Faraday, con un campo eléctrico nulo. Una instalación eléctrica antigua, sin una correcta puesta a tierra y con problema en el aislamiento de los cables genera, igualmente, campos eléctricos desaconsejables.
- **Campos electromagnéticos**. Los campos electromagnéticos pueden verse alterados por causas naturales, fallas del terreno, o artificiales, proximidad a tendidos de alta tensión. Deben evitarse ambas. En el interior de los edificios, las resistencias eléctricas serán causa de campos electromagnéticos fuertes: ordenadores, televisiones, cocinas vitrocerámicas de inducción, lámparas halógenas, etc. No obstante son las fuentes exteriores las más problemáticas. Los tendidos de alta y de media tensión, como causas artificiales, y las fallas tectónicas como causas naturales, son el origen de campos electromagnéticos elevados.
    - Fuentes internas.
    - Fuentes externas.
- **Gases radiactivos naturales**. En algunas zonas se producen desprendimientos de radón, un gas radiactivo natural, y su acumulación en sótanos. Deben evitarse este tipo de locales en zonas de riesgo. Los terrenos con base granítica son los más propensos a la producción del radón. En ellos se deben evitar los locales por debajo de la rasante, y si fuera imprescindible, se debería proceder a su correcto sellado y a una potente ventilación por sobrepresión.

2.3. Iluminación natural

Si bien el empleo de la iluminación natural representa un ahorro energético, su aplicación más interesante en la arquitectura debe verse desde el punto de vista de la calidad ambiental, y por tanto, en ese sentido debe potenciarse.

- **Orientación de huecos**. Los más adecuados son los orientados hacia los puntos en los que se capte exclusivamente radiación difusa; en general el norte. Si penetra radiación directa en zonas donde se pretende aprovechar como iluminación natural, los efectos de deslumbramiento que conllevará serán muy negativos y no será posible su aprovechamiento.
- **Dispositivos de transformación de la radiación directa en difusa**. Bandejas reflectoras. Un modo de evitar la entrada de la radiación directa es proteger el hueco con un elemento que al tiempo actúe reflejando la radiación hacia el interior del local, pero en forma difusa.
- **Dispositivos de distribución uniforme de la luz por la habitación**. Parteluces horizontales. Un parteluz horizontal reflejará la luz hacia el techo de la habitación y evitará

que se cree un efecto desequilibrado de alumbrado entre las zonas próximas al hueco y las profundas.

- **Dispositivos de penetración de la luz en locales profundos y alejados de los cerramientos**. Conductos de luz. De mayor eficacia que los parteluces o las bandejas reflectoras, son los conductos de luz, ya que son capaces de dirigir la luz mediante múltiples reflexiones, controladas o incontroladas, o mediante el empleo de fibra óptica, hacia puntos muy profundos del edificio, alejados de los perímetros donde pueden ubicarse las ventanas.

3. Contaminación y medio ambiente

3.1. Edificios no dañinos para el medio ambiente

- **Gases**. La contaminación gaseosa que puede generar un edificio de viviendas es función de la combustión vinculada al acondicionamiento: las calderas individuales o colectivas para calefacción o agua caliente sanitaria. La reducción de la dependencia energética del edificio, mediante el empleo de sistemas que aprovechen las energías naturales, limitará este tipo de contaminación.
    - Sistemas pasivos de acondicionamiento.
    - Sistemas activos de acondicionamiento.
    - Sistemas convencionales de alta eficacia.
- **Líquidos**. El agua doméstica, una vez empleada, se convierte en aguas negras o grises que salen del edificio como una nueva forma de contaminación. El empleo de sistemas de consumo de agua eficaces, como los electrodomésticos que ajustan el consumo de agua a la carga del aparato, o las cisternas de doble descarga, reducen el consuno. La autodepuración primaria de las aguas permitiría su reutilización para el riego y la reducción del caudal contaminante.
    - Aguas de lluvia.
    - Aguas sucias depuradas.
- **Sólidos**. Un español esta generando, por térmico medio 1,1 ó 1,2 kg de basura sólida al día. Estos residuos sólidos urbanos en muchas ocasiones acaban en vertederos incontrolados provocando la acidificación del suelo y la contaminación de aguas subterráneas. La solución más efectiva sería reducir el consumo de productos desechables y proceder al reciclado de los mismos. Para ello es imprescindible el empleo de estructuras y dispositivos interiores que faciliten el reciclado de basuras. Por otro lado si se emplean materiales reciclables o reciclados en el proceso de construcción, o en cualquier fase de consumo, se estará reduciendo la cantidad de materia prima nueva que se incorpora al proceso de recuperación y tratamiento.
    - Uso de materiales reciclados.
    - Uso de materiales reciclables.

- Uso de materiales con ciclos de vida adecuados.
- Cubos de basura multiusos.
- Redes interiores de recogida separativas.

3.2. Edificios sostenibles en términos de agua

Los edificios deben optimizar el uso del agua, tanto en aquellas zonas donde la falta de agua pueda representar un problema, como en aquellas donde siendo suficiente, su depuración y potabilización representan un alto coste social.

- **Empleo de sanitarios más eficaces**. El gasto de agua se puede optimizar si los sanitarios se fabrican y usan correctamente. El empleo de atomizadores reduce el consumo de agua en los grifos, las cisternas de doble descarga reducen el agua necesaria para el arrastre de desperdicios y los electrodomésticos inteligentes reducen, igualmente su consumo de agua. Por otro lado, si se utiliza una red separativa de pluviales y aguas sucias interiores, se pueden utilizar las aguas de lluvia en algunos cometidos, como las cisternas.

  - Atomizadores de alta eficacia.
  - Cisternas de doble descarga.
  - Redes separativas.
  - Empleo de electrodomésticos más eficaces.

    El gasto de agua se puede optimizar si los electrodomésticos se fabrican y usan correctamente.
  - Lavavajillas inteligentes de bajo consumo de agua.
  - Lavadoras inteligentes de bajo consumo de agua.